

из неметаллических компонентов, подтверждают наличие неметаллических компонентов в составе модифицированного поверхностного слоя. Однако их содержание в этом слое невелико и составляет примерно 35...45 % от количества в исходном материале. В результате обработки вращающейся металлической щеткой в плакированном поверхностном слое формируются остаточные напряжения растяжения величиной $\sigma_f = 225$ МПа, а в прилегающей к этому слою стальной подложке – напряжения сжатия величиной $\sigma_f = -280$ МПа. Таким образом, упрочненная стальная основа обеспечивает высокую нагрузочную способность сопряжения, а пластичное покрытие служит барьерным слоем между подложкой и сопряженной деталью.

Значительного снижения коэффициента трения скольжения и повышения нагрузочной способности поверхностного слоя можно добиться, используя двухслойные покрытия из последовательно нанесенных слоев меди М1, легированной ультрадисперсной алмазнографитной шихтой УДАГ, и легированного частицами графита баббита. По сравнению с парой трения без покрытия, подобные покрытия в 3,0...3,3 раза снижают коэффициент трения скольжения и в 2 раза повышают нагрузочную способность сформированного слоя. Однако в случаях, когда условия работы пары трения не допускают чрезмерного износа сопряженной детали, целесообразно использовать покрытия из бронзы, легированной компонентами твердой смазки. Для пар трения, работающих при удельных давлениях до 3,5 МПа, высокую износостойкость обеспечит однослойное покрытие из меди М1, легированной УДАГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник / Б.Н. Бабич [и др.] ; под ред. Ю.В. Левинского. – М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 520 с.
2. Белевский, Л.С. Пластическое деформирование поверхностного слоя и формирование покрытия при нанесении гибким инструментом / Л.С. Белевский. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогор. лица РАН, 1996. – 230 с.
3. Анцупов, В.П. Теория и практика плакирования изделий гибким инструментом / В.П. Анцупов. – Магнитогорск: МГТУ, 1999. – 242 с.
4. Леванцевич, М.А. Повышение эксплуатационных свойств трибосопряжений нанесением покрытий металлическими щетками / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.Г. Зольников // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. Навук. – 2005. – № 1. – С. 67-72.
5. Горелик, С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учеб. пособие для вузов / С.С. Горелик, Ю.А. Скаков, Л.Н. Расторгуев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСИС, 2002. – 360 с.

УДК 620.16

Беляев Г.Я., Ильясевич Е.Г.

КОМПЛЕКСНЫЙ РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ФЛАНЦА

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Комплексный размерный анализ технологического процесса изготовления фланца включает в себя размерный анализ по линейным размерам и расчет эксцентриситетов припусков обрабатываемых поверхностей с помощью теории графов.

Целью проведения размерного анализа технологического процесса по линейным размерам является определение промежуточных и окончательных размеров с допусками на них, обеспечивающих заданную чертежом точность конструкторских размеров и предельных значений припусков. Расчет эксцентриситетов припусков позволяет определить допустимые радиальные биения и проверить, обеспечивают ли полученные значения выполнение требований заданных чертежом.

1. Расчет эксцентриситетов обрабатываемых поверхностей с помощью теории графов.

Заданные чертежом диаметральные размеры и радиальные биения образуются в процессе механической обработки за одну или несколько операций или переходов. При назначении диаметральных размеров и допусков на них, необходимо решить две задачи:

1. Назначить для заготовки и для механической обработки такие технологические размеры, чтобы на последней операции выдерживался бы диаметр, заданный рабочим чертежом детали.
2. Назначить для заготовки и механической обработки технологически оправданные радиальные биения, которые обеспечили бы выполнение требований по радиальному биению, заданные чертежом.

1.1. Построение схемы обработки

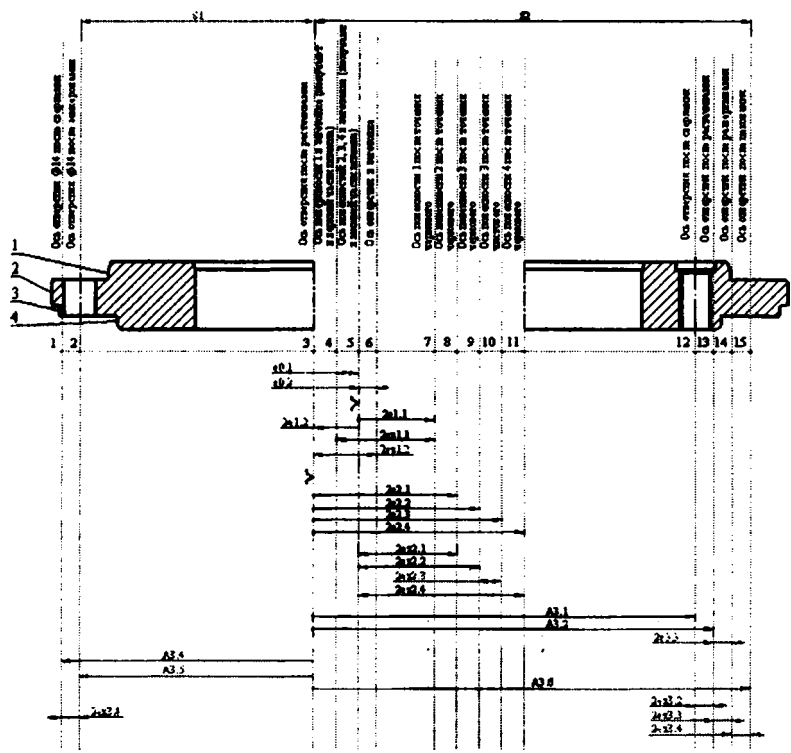


Рис. 1.1. Схема обработки детали типа фланец

При построении схемы обработки, выполняя каждый новый переход механической обработки поверхностей, необходимо указывать новую ось и рассчитывать ее смещение относительно ее прежнего положения, т.е. необходимо определить эксцентриситет припуска. Смещение осей на схеме обработки (и в расчетах) необходимо удваивать, так как каждое смещение может располагаться в любую сторону от номинала. Следовательно, расстояние между двумя предельными положениями оси равно удвоенной величине смещения, а номинальная величина смещения всегда равна нулю.

1.2. Построение дерева эксцентриситетов механической обработки

В деревьях эксцентриситетов для цилиндрических поверхностей вершины соответствуют их осям, а ребра – эксцентриситетам. Необходимо построить отдельно деревья эксцентриситетов заготовки и обрабатываемой детали. При построении дерева эксцентриситетов для одной операции все поверхности, обрабатываемые за одну установку, связываются между собой ребрами-эксцентриситетами. Затем деревья отдельных операций соединяют вместе с помощью общих вершин.

Вершины графа нумеруем следующим образом: первая цифра обозначает номер оси в соответствии со схемой обработки (см. рис. 8.1), а в скобках указывается первой цифрой номер операции или установа, второй – порядковый номер перехода. Операции и установы обозначаются в следующем порядке: 0 – заготовка; 1 – токарная, установ А; 2 – токарная, установ Б; 3 – сверлильно – расточная;

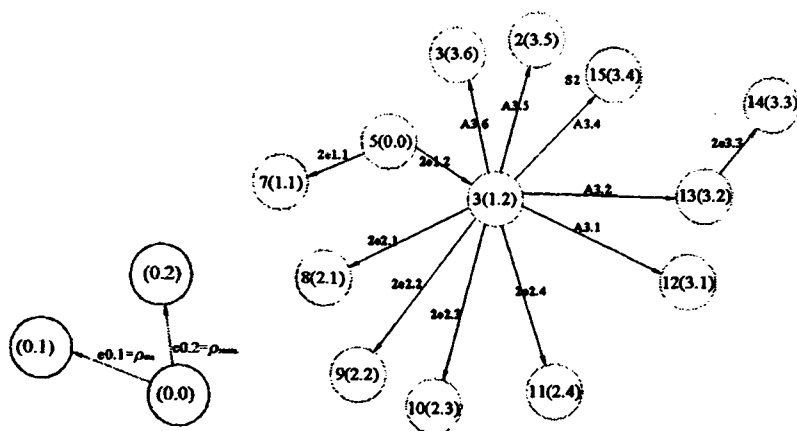


Рис. 1.2. Дерево эксцентриситетов заготовки и обрабатываемой детали

Далее на дерево эксцентриситетов наносим ребра всех эксцентриситетов припусков (e_{xi}) и заданные чертежом радиальные биения ($2TE_i$). Таким образом, получаем граф размерных цепей эксцентриситетов, по которому можно выявить любую размерную цепь и произвести суммирование погрешностей составляющих звеньев для определения ожидаемой погрешности любого замыкающего звена.

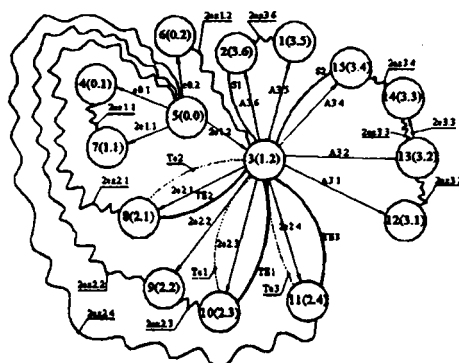


Рис. 1.3. Граф размерных цепей эксцентриситетов обрабатываемой детали

Далее выявляют размерные цепи и составляют расчетные уравнения размерных цепей. При составлении уравнений пользуются правилом “обхода”. Оно заключается в том, что замыкающему звену присваивается знак минус, и, начиная с этого звена, обходят замкнутый контур в определенном направлении. Обход начинают с вершины с меньшим порядковым номером. Если в порядке обхода следующее звено будет соединять вершину меньшего порядкового номера с вершиной большего порядкового номера, то такому ребру присваивается знак плюс. И наоборот.

Первым делом выявляют двухзвенные размерные цепи. В выявленных размерных цепях составляющими звеньями являются смещение осей обрабатываемых поверхностей (эксцентриситеты) e_i и технологические размеры A_i , а замыкающими – эксцентриситеты припусков e_{zi} , расчетные Te и заданные чертежом TE технические условия. Несколько размерных цепей и соответствующие им расчетные уравнения технологического процесса обработки фланца представлены на рисунке 1.4.

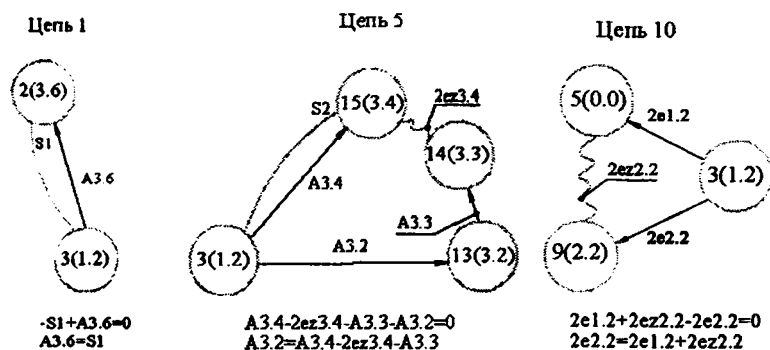


Рис. 1.4. Размерные цепи технологического процесса обработки детали типа фланец

1.3. Расчет ожидаемой погрешности (эксцентриситетов) припусков

Рассчитывают ожидаемую погрешность (эксцентриситет) припусков и определяют допустимые значения радиальных биений. Для этого необходимо знать значения погрешностей установки детали в приспособление и погрешностей формы, возникающих в процессе выполнения операций механической обработки. Расчет погрешностей установки и формы производится по формулам, приведенным в литературе [3], [4]. Для расчета величин эксцентриситетов припусков e_{zi} необходимо знать эксцентриситеты e_i , входящие в размерные цепи искомых величин. Например, для припуска $2ez2.2$ в размерную цепь войдут эксцентриситеты $2e1.2$ и $2e2.2$ (см. рис. 1.4 и таблицу 1.1).

Затем подсчитаем ожидаемую погрешность припуска по формуле:

$$e_{zi} = \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2 + \rho_{i-1}^2}$$

где e_i — смещение осей при механической обработке. Таким образом, рассчитываем все эксцентриситеты припусков. Результаты расчетов сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Расчет ожидаемой погрешности припуска

Припуск	Формула	Расчет	Значение, мм
...
$e_{z2.2}$	$e_{z2.2} = \sqrt{\rho_{ф.перех}^2 + e_{1.2}^2 + e_{2.2}^2}$	$e_{z2.2} = \sqrt{0,024^2 + 2 \cdot 0,06^2}$	0,088
...
$e_{z3.6}$	$e_{z3.6} = \sqrt{\rho^2 + \Delta A3.5^2 + \Delta A3.6^2}$	$e_{z3.6} = \sqrt{0,044^2 + 2 \cdot 0,2^2}$	0,567

1.4. Расчет допустимых радиальных биений

На графе разных цепей механической обработки проставляем указанные на чертеже радиальные биения ТЕ. ТЕ1=ТЕ2=ТЕ3=1,2 мм. Просуммировав составляющие звенья размерной цепи с погрешностями формы, получим расчетные радиальные биения. Они находятся по формуле:

$$Te_i \geq \sqrt{\sum_{j=1}^n e_i^2 + \rho_{\Phi,j}^2 + \rho_{\Phi,j-1}^2}$$

Например, значение Те₁ будет равно

$$Te_1 \geq \sqrt{2e_{2,3}^2 + \rho_{\Phi,чирн.}^2 + \rho_{\Phi,чист.}^2} = \sqrt{2 \cdot 0,06^2 + 0,024^2 + 0,00096^2} = 0,0882 \text{ мм};$$

Произведя расчеты, можно увидеть, что расчетные радиальные биения не превышают заданные чертежом. Т.е. технология обработки верна.

После определения допустимых радиальных биений рассчитаем диаметральные размеры обрабатываемых поверхностей. Особенность определения диаметральных размеров заключается в том, что в них будут учитываться смещения (эксцентриситеты) осей. Расчет будет производиться по формулам:

$$d_{zi} = d_{di} + 2 \cdot (z_{min} + e_{xi}) + T_z - \text{для наружных поверхностей};$$

$$d_{zi} = d_{di} - 2 \cdot (z_{min} - e_{xi}) - T_z - \text{для отверстий};$$

где d_{zi} – диаметр поверхности заготовки; d_{di} – диаметр поверхности детали; $2 \cdot z_{min}$ – значение припуска; $2 \cdot e_i$ – величина смещения оси (эксцентриситет); i – номер обрабатываемой поверхности.

Полученные результаты расчетов диаметральных размеров сведем в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты расчета диаметральных размеров заготовки детали «Фланец»

Размер цилиндрической поверхности детали, мм	Расчетная формула	Размер цилиндрической поверхности заготовки, мм
$d_{д1} = 180_{-1} \text{ мм}$	$d_{з1} = 180 + 2 \cdot (0,55 + 0,06) + 1$	$182,22_{-1}$
...
$d_{д3} = 104^{+0,87} \text{ мм}$	$d_{з3} = 104 - 2 \cdot (0,55 + 0,802) - 0,87$	$100,43^{+0,87}$

Таким образом, произведя расчет эксцентриситетов припусков технологического процесса обработки фланца, проверили правильность проставленных на чертеже радиальных биений и рассчитали диаметральные размеры заготовки с поправкой на ошибку, возникающую из-за смещения осей.

2. Размерный анализ технологического процесса детали «Фланец» по линейным размерам

Размерный анализ по линейным размерам позволяет правильно и обосновано найти промежуточные и окончательные размеры обрабатываемой детали, допуски и припуски. Можно выявить три этапа: разработка размерной схемы техпроцесса, выявление технологических размерных цепей и расчет технологических размерных цепей.

2.1. Построение размерной схемы технологического процесса обработки фланца

Размерную схему техпроцесса составляют и оформляют в определенной последовательности. Сначала вычерчивают эскиз детали в нескольких проекциях. Для тел вращения обычно достаточно одной проекции. Затем над деталью указывают размеры длин с допусками, установленными конструкторами. Для удобства конструкторские размеры обозначаются буквой A_i . На эскиз детали условно наносят припуски z_m . Все поверхности детали нумеруются по порядку слева направо. Через пронумерованные поверхности проводят вертикальные линии. Между вертикальными линиями по порядку снизу вверх указывают технологические размеры, получаемые при выполнении каждого технологического перехода. Технологические размеры обозначают буквой S_k , где k – порядковый номер технологического перехода. Размеры же заготовки обозначают буквой Z_r , где r – порядковый номер поверхности заготовки.

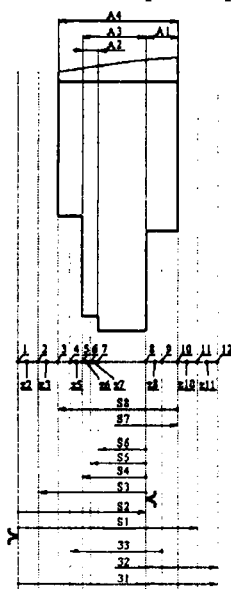


Рис. 2.1. Размерная схема техпроцесса обработки детали «Фланец»

2.2. Построение графов

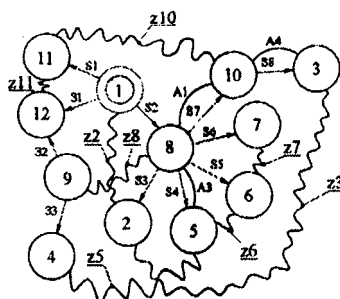


Рис. 2.2. Граф совмещенного дерева

Строятся три дерева – граф производного, граф исходного и граф совмещенного дерева. На графе производного дерева указываются технологические размеры, получаемые после каж-

дой операции и размеры заготовки. На графе исходного дерева вершины графа, соединяются между собой припусками, снимаемыми в процессе механической обработки. Также указываются конструкторские размеры. Граф совмещенного дерева представляет собой наложение графов производного и исходного деревьев.

После построения каждого дерева проверяют правильность построения по следующим признакам:

1. Число вершин у каждого дерева должно быть равно числу поверхностей на размерной схеме техпроцесса.
2. Число ребер у каждого дерева должно быть одинаковым и равным числу вершин без единицы.
3. К каждой вершине производного дерева, кроме корневой, должна подходить только одна стрелка ориентированного ребра, а к корневой вершине ни одной.
4. Деревья не должны иметь разрывов и замкнутых контуров.

2.3. Выявление и решение технологических размерных цепей

Расчет размерных цепей начинаем с двухзвенных. Затем выявляем трехзвенные размерные цепи, в которых известен один из размеров. Приведем некоторые размерные цепи на рисунке 2.3.

Далее составляем исходные уравнения размерных цепей относительно z_{min} . Уравнение будет иметь вид:

$$z_{min} = \sum_{j=1}^{n_j} EI_{Aj} - \sum_{g=1}^{n_g} ES_{Ag}$$

где EI_{Aj} — наименьший предельный размер увеличивающего звена размерной цепи; ES_{Ag} — наибольший предельный размер уменьшающего звена размерной цепи; n_j — число увеличивающих звеньев размерной цепи;

n_g — число уменьшающих звеньев размерной цепи;

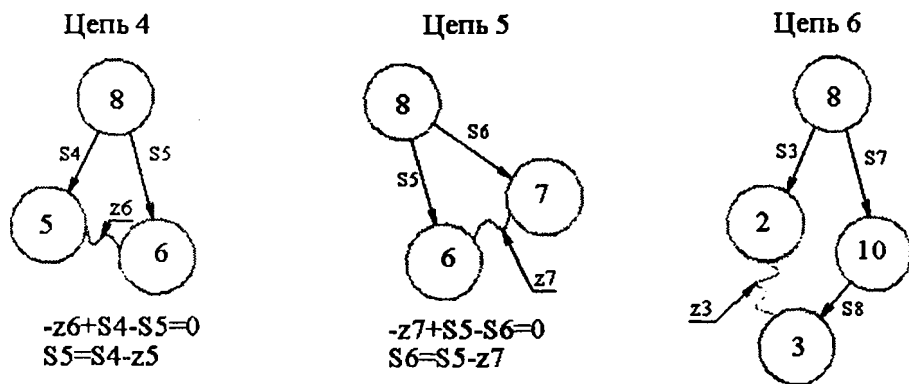


Рис. 2.3. Размерные цепи технологического процесса обработки детали типа фланец

И в результате получаем уравнения с одной неизвестной, решая которые получаем значения операционных размеров и припусков с отклонениями на них.

В результате проведения размерного анализа техпроцесса обработки детали типа фланца по линейным размерам, определили промежуточные технологические размеры и припуски с предельными отклонениями на них.

Таблица 2.1 – Номинальные значения операционных размеров и припусков

Номинальные значения операционных размеров, мм	Значения припусков, мм
$S1 = 31,69_{-0,06}$	$z2 = 1,09^{+0,06}_{-0,52}$
...	...
$S7 = 8^{+0,22}$	$z10 = 0,38^{+0,32}_{-0,29}$

Т.о. размерный анализ позволяет упростить расчеты и повысить их точность, а также получить обоснованное значение припусков с поправкой на ошибки от смещения оси, погрешности формы и оценить правильность выбора технологии обработки детали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов/ И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; Под общ. ред. И.П. Филонова; +CD. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 910 с. 2. Матвеев В.В., Бойков Ф.И., Свиридов Ю.Н. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении. Челябинск: Южно-Уральское книжное изд-во, 1979, 111 с. 3. Проектирование техпроцессов механической обработки в машиностроении /Под ред. В.В. Бабука. – Мн.: Вышэйшая школа, 1987. – 256 с. 4. Справочник технолога- машиностроителя, т.1./Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова - 4-ое изд., перер. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.

УДК 620.16

Шумова Е.А.

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С УЧЁТОМ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОВ ПРИПУСКОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Перед тем как любое изделие будет направлено для изготовления на производство и дальнейшую эксплуатацию, должен быть выполнен большой объём подготовительных работ связанных, в частности, с технологической подготовкой производства. ТПП в качестве своей основы включает размерный анализ.

Размерный анализ – это совокупность расчетно-аналитических процедур, осуществляемых при разработке и анализе конструкций и технологических процессов

Проведение комплекса работ размерного анализа является совершенно необходимым, без этого само проектирование технологических процессов невозможно, поскольку сводится к укрупненному проектированию технологии на уровне типовой технологии. Даже при наличии технологии, операционных эскизов, – без простановки размеров и допусков – технологических, научно обоснованных, технология не реализуема, точно так, как конструкция без конструкторских размеров и допусков.

Основной целью данного исследования является расчёт технологических размерных цепей расположения поверхностей, а в частности нахождение допустимых радиальных биений обрабатываемых цилиндрических поверхностей детали, для чего необходимо также рассчитать погрешности формы поверхностей и ожидаемые эксцентриситеты припуска.

Данная деталь содержит несколько цилиндрических поверхностей, поэтому только значения диаметров не могут полностью описать геометрию тела вращения. Необходимо ещё